



John Percival Rodrigues Linhares;
Érica Nascimento de Castro; Davi de Siqueira Freitas

696669

DO LIXO ELETRÔNICO AO ARCADE EDUCATIVO: METARRECICLAGEM E CULTURA MAKER NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL DO BAIXO AMAZONAS

John Percival Rodrigues Linhares

<https://lattes.cnpq.br/3102952581225038>

Érica Nascimento de Castro

<http://lattes.cnpq.br/5533828129290557>

Davi de Siqueira Freitas

<http://lattes.cnpq.br/6952185987503358>

RESUMO

O avanço acelerado das tecnologias digitais tem ampliado o volume de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), colocando o Brasil entre os países que mais geram lixo eletrônico no mundo, com baixo índice de reciclagem adequada. Nesse cenário, a metarreciclagem surge como abordagem que propõe a reutilização criativa de sucata tecnológica, articulando redução de impactos ambientais, acesso ao conhecimento e inclusão produtiva. Inserido no tema “Planeta Amazônia: cultura das águas para enfrentar as mudanças climáticas” da X Semana de Ciência, Tecnologia e Cultura do IFPA Campus Óbidos, este artigo apresenta a proposta integrada de duas oficinas no Laboratório de Inovação Tecnológica do Baixo Amazonas (LITBA): (i) Garimpo Tecnológico na Várzea: dessolda, teste e reaproveitamento de SMD/PTH, voltada ao desmonte responsável de placas eletrônicas e recuperação de componentes; e (ii) Amazônia PlayLab: prototipagem de arcades com metarreciclagem e baixo custo, focada no reaproveitamento de teclados USB descartados para construção de controles tipo arcade. As oficinas destinam-se a estudantes dos cursos técnicos em Informática, da graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e da especialização em Tecnologias Educacionais. Descrevem-se os atores envolvidos, a infraestrutura do LITBA, a viabilidade técnica e econômica do reaproveitamento de sucata e os planos de aula elaborados. Espera-se que a proposta contribua para formar estudantes capazes de compreender o ciclo de vida dos dispositivos digitais e ressignificar o lixo eletrônico como oportunidade de inovação e desenvolvimento local no Baixo Amazonas.

Palavras-chave: metarreciclagem; cultura maker; lixo eletrônico; educação profissional; arcades.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado do consumo de dispositivos digitais tem ampliado, de forma preocupante, o volume de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) no mundo, e no Brasil não é diferente. Relatórios recentes apontam que o país figura entre os maiores geradores globais desse tipo de resíduo, ultrapassando a casa de milhões de toneladas anuais, com índices ainda tímidos de coleta e reciclagem efetiva (BARBOSA; PRATES,



John Percival Rodrigues Linhares;
Érica Nascimento de Castro; Davi de Siqueira Freitas

2023; BRASIL, 2021; GREEN ELETRON, 2024). Essa “avalanche” de aparatos eletroeletrônicos, embora traga facilidades para o cotidiano, está associada a impactos ambientais e sociais relevantes quando o descarte ocorre de forma inadequada, sobretudo em regiões periféricas e ribeirinhas.

Do ponto de vista da Educação Ambiental, o lixo eletrônico constitui um tema emergente que exige ações formativas específicas. Estudos evidenciam que os REEE concentram substâncias tóxicas capazes de contaminar solo, água e organismos vivos, tornando imprescindíveis processos de destinação correta e estratégias educativas que problematizem o consumo e o descarte de tais equipamentos (SILVA, 2021; PEREIRA et al., 2021). Para além da orientação pontual sobre coleta seletiva, torna-se necessário integrar a discussão dos REEE a práticas pedagógicas que articulem ciência, tecnologia, trabalho e cuidado com o território, especialmente na Educação Profissional e Tecnológica (EPT).

Ao transformar a sucata digital em artefatos funcionais, a metarreciclagem mobiliza processos próprios da cultura maker, como a exploração de ferramentas, a prototipagem e a aprendizagem pela prática. Assim, torna-se necessário compreender como esses princípios se articulam com o desenvolvimento de projetos em ambientes educativos. Nesse sentido, a aproximação entre metarreciclagem, cultura maker e metodologias ativas reforça esse movimento. A literatura sobre cultura maker na educação destaca o potencial dos espaços de fabricação digital e dos laboratórios de prototipagem para promover aprendizagem baseada em projetos, criatividade, autoria e experimentação com tecnologias (BLIKSTEIN, 2013; RAABE, 2018; BLIKSTEIN; VALENTE; MOURA, 2020; PAULA, 2021). Inspirados no construcionismo de Seymour Papert, tais ambientes valorizam o “aprender fazendo”, em que os estudantes constroem artefatos significativos enquanto constroem, simultaneamente, conhecimento e sentido para sua própria formação (PAPERT; HAREL, 1991; PAPERT, 2008).

Na Rede Federal de Educação Profissional, experiências recentes têm explorado o uso de tecnologias digitais de baixo custo como pretexto para integração entre conteúdos da Educação Básica e formação técnica. Gonçalves, Vasconcelos e Gonçalves (2023), por exemplo, utilizaram o Arduino como recurso didático para o ensino de Física em turmas de Ensino Médio integrado à Informática, articulando sequência didática, experimentação e engajamento disciplinar produtivo. De modo semelhante, Santos, Arantes e Trajano (2023) propuseram a oficina “Sucatrônica: eletroeletrônica sustentável” para cursos técnicos em Automação Industrial e Eletrotécnica, focada na recuperação de lâmpadas LED e na reflexão crítica sobre lixo eletrônico e sustentabilidade socioambiental.

As oficinas aqui propostas dialogam diretamente com essas iniciativas e as transladam para o contexto amazônico do IFPA Campus Óbidos, na região do Baixo Amazonas. O campus dispõe do Laboratório de Inovação Tecnológica do Baixo Amazonas (LITBA), espaço maker vocacionado à prototipagem, à experimentação e ao desenvolvimento de projetos de baixo impacto ambiental. Nesse território, observa-se a circulação de grande quantidade de sucata digital – placas de computadores, fontes, teclados USB e periféricos danificados – oriunda de órgãos públicos, instituições de ensino e residências, muitas vezes sem destinação ambientalmente adequada.



Frente a esse contexto, compreende-se que a Educação Profissional em Informática pode e deve contribuir para a problematização e a transformação dessa realidade, formando técnicos, graduandos e especialistas capazes de atuar criticamente sobre o ciclo de vida das tecnologias que utilizam. A integração entre conteúdos de hardware, eletrônica básica, arquitetura de computadores e tecnologias educacionais, por meio de práticas de metarreciclagem e cultura maker, potencializa a formação de sujeitos que compreendem tanto os códigos quanto os circuitos, articulando habilidades digitais, consciência ambiental e possibilidades de empreendedorismo de baixo custo (BARBOSA; PRATES, 2023; SALES, 2013; BLIKSTEIN, 2013).

Nesse cenário, este trabalho apresenta a proposta integrada de duas oficinas a serem desenvolvidas no LITBA, durante a 10ª Semana de Ciência, Tecnologia e Cultura do IFPA Campus Óbidos: (i) “Garimpo Tecnológico na Várzea: dessolda, teste e reaproveitamento de SMD/PTH”, voltada ao desmonte responsável de placas eletrônicas e à recuperação de componentes; e (ii) “Amazônia PlayLab: prototipagem de arcades com metarreciclagem e baixo custo”, centrada no reaproveitamento de teclados USB descartados para construção de controles tipo arcade. As atividades são destinadas a estudantes dos cursos técnicos em Informática, da graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e da especialização em Tecnologias Educacionais.

A questão que orienta a proposta pode ser assim formulada: de que forma oficinas baseadas na metarreciclagem de sucata digital e na cultura maker podem contribuir para a formação técnica, criativa e sustentável de estudantes dos cursos de Informática e da especialização em Tecnologias Educacionais do IFPA Campus Óbidos? Como objetivo geral, busca-se propor e descrever essas duas oficinas integradas, articulando formação técnica em hardware, cultura maker e educação ambiental, de modo a fomentar a reflexão sobre lixo eletrônico, o desenvolvimento de competências práticas em soldagem e prototipagem e a construção de alternativas de baixo custo para inovação tecnológica na região do Baixo Amazonas.

2 DESENVOLVIMENTO

As oficinas serão desenvolvidas no Laboratório de Inovação Tecnológica do Baixo Amazonas (LITBA), espaço maker do IFPA Campus Óbidos equipado com estações de solda, soprador térmico, microscópios digitais, computadores e ferramentas de prototipagem. Esse tipo de ambiente se aproxima dos FabLabs e makerspaces discutidos por Blikstein (2013), que enfatiza o potencial da fabricação digital para democratizar a invenção e aproximar estudantes de experiências mão na massa, nas quais conceitos abstratos se materializam em artefatos significativos.

Figura 1 – Banner da X Semana de Ciência, Tecnologia e Cultura



Fonte: IFPA Campus Óbidos (2025).

O público-alvo contempla três níveis de formação: estudantes dos cursos técnicos em Informática, da graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e da especialização em Tecnologias Educacionais. Essa heterogeneidade favorece a constituição de grupos colaborativos em que diferentes repertórios se cruzam, em sintonia com a perspectiva construcionista de Papert e Harel (1991), para quem aprender implica projetar, construir e compartilhar objetos públicos, em comunidades de prática que problematizam o uso das tecnologias.

Os principais atores da proposta são: (a) o docente responsável pelos minicursos; (b) um discente ministrante, estudante de graduação em Informática, que atua como coautor e coformador nas atividades; e (c) monitores voluntários, também estudantes de graduação em Informática do IFPA Campus Óbidos, que apoiam na organização logística, no registro das ações e no acompanhamento dos grupos. A estrutura de atuação docente–discente dialoga com experiências da Rede Federal em que estudantes assumem papel ativo na mediação de projetos de robótica, programação e hardware, como relatado por Gonçalves, Gonçalves e Vasconcelos (2023) em oficina que utiliza o Arduino como pretexto para o ensino de Física em contexto integrado.

Adicionalmente, prevê-se o uso prioritário de sucata eletrônica proveniente do próprio IFPA Campus Óbidos, oriunda da substituição de equipamentos de informática e de outros dispositivos eletroeletrônicos (computadores obsoletos, fontes, placas diversas, teclados USB). Essa estratégia está alinhada à concepção de metarreciclagem como articulação entre redes sociotécnicas, cultura digital e reaproveitamento criativo de equipamentos, tal como discutido nos trabalhos de Savazoni e Cohn (2009), Sales e Dias (2013) e Neto (2022).

2.1 Oficina Garimpo Tecnológico na Várzea: dessolda, teste e reaproveitamento de SMD/PTH

A oficina, “Garimpo Tecnológico na Várzea: dessolda, teste e reaproveitamento de SMD/PTH” tem como foco principal introduzir os participantes às técnicas de dessolda, teste e catalogação de componentes extraídos de placas eletrônicas descartadas, como motherboards, fontes ATX, roteadores e outros dispositivos em desuso.

A atividade inicia com um momento de contextualização sobre resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), retomando dados de produção e descarte no

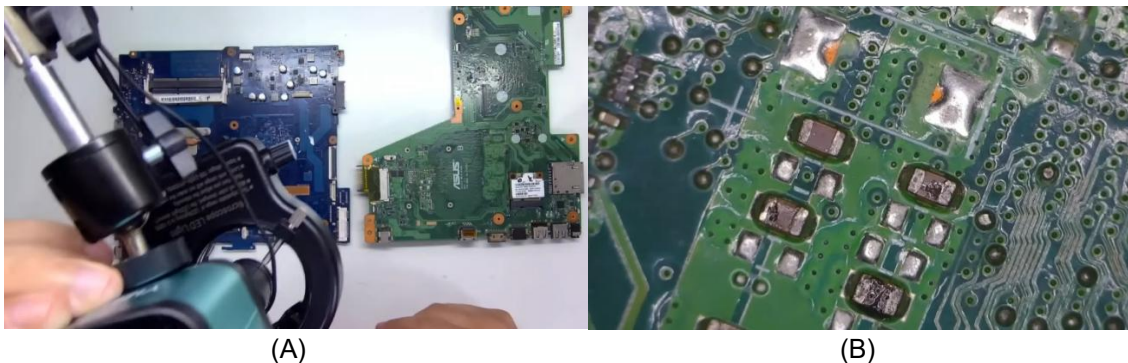


Brasil e no mundo e reforçando que a presença de metais pesados e substâncias tóxicas demanda políticas de destinação adequada (SILVA, 2021; PEREIRA et al., 2021).

Em seguida, os estudantes são apresentados ao conceito de metarreciclagem e a exemplos de oficinas que utilizam sucata digital como recurso formativo e de inclusão sociotécnica (SALES, 2013; NETO, 2022).

Na etapa prática, cada grupo recebe um conjunto de placas e um roteiro impresso para identificar componentes SMD/PTH (resistores, capacitores, diodos, transistores, circuitos integrados), utilizando microscópio digital para ampliar detalhes de trilhas e encapsulamentos. Essa etapa dialoga com a proposta de Santos, Arantes e Trajano (2023), que, ao trabalhar com a recuperação de lâmpadas LED em cursos técnicos de eletroeletrônica, destacam a importância de aproximar os alunos dos componentes físicos que dão materialidade aos conteúdos teóricos.

Figura 2 – Exemplo de bancada do Garimpo Tecnológico: (A) placas-mãe sucateadas e soprador térmico utilizados na extração de componentes; (B) detalhe ampliado de componentes SMD visualizados por meio de microscópio digital.



Fonte: Autores (2025)

Na sequência, são demonstradas diferentes técnicas de dessolda com soprador térmico, estação de solda e sugador, enfatizando os cuidados com temperatura, fluxo de ar e proteção individual. Os estudantes, então, aplicarão as técnicas em suas placas, retirando componentes selecionados e testando cada um com multímetros, classificando-os em pequenas caixas ou compartimentos por tipo e valor. Ao final, constituir-se-á um “banco de componentes garimpados” para uso em projetos futuros do LITBA.

A dinâmica de investigação e experimentação aproxima-se das sequências didáticas investigativas com Arduino relatadas por Gonçalves, Gonçalves e Vasconcelos (2023) e por Inácio (2025), em que a manipulação de hardware e a medição de grandezas físicas conduzem à construção de significados conceituais.

No caso do Garimpo Tecnológico, o foco desloca-se para o entendimento do ciclo de vida dos componentes e para a compreensão de que, antes de serem lixo, os dispositivos podem ser fonte de aprendizagem e de recursos para inovação.

2.2 Oficina Amazônia PlayLab: prototipagem de arcades com metarreciclagem e baixo custo

A oficina, “Amazônia PlayLab: prototipagem de arcades com metarreciclagem e baixo custo”, terá por foco desloca-se do nível de componentes para o reaproveitamento

de periféricos completos, em especial teclados USB descartados, para construção de controles tipo arcade que podem ser utilizados em jogos digitais, simulações e atividades educativas.

O encontro iniciará com um momento de inspiração, em que serão apresentados exemplos de controles artesanais e arcades educativos produzidos em escolas, hackerspaces e projetos comunitários de cultura digital (SAVAZONI; COHN, 2009; FRANCO, 2010).

Em seguida, os grupos desmontarão teclados USB, identificarão placas controladoras e analisarão, com apoio do microscópio digital, a matriz de teclas. A partir de testes de fechamento de contatos, mapearão quais combinações de linhas e colunas correspondem às teclas de interesse (setas, espaço, enter etc.).

Na fase de prototipagem, em um primeiro momento, os estudantes conectarão botões físicos reaproveitados (ou de muito baixo custo) à controladora do teclado, utilizando protoboards e fios para organizar o circuito. O controle resultante será testado em jogos simples instalados nos computadores do laboratório, permitindo que os participantes percebam a transformação do “teclado quebrado” em um novo dispositivo lúdico e funcional. Em um segundo momento, ainda dentro da prototipagem, será apresentado aos participantes um kit comercial de controles tipo arcade, composto por placa controladora USB, joysticks e conjunto de botões, de baixo custo e facilmente encontrado em sites de comércio eletrônico. A comparação entre o protótipo construído com sucata e o kit industrializado possibilitará a discussão de aspectos de custo, durabilidade, design e impacto ambiental, evidenciando que soluções funcionais podem ser produzidas tanto a partir da reciclagem quanto da aquisição de componentes específicos, cabendo ao estudante avaliar criticamente os diferentes cenários de uso.

Figura 3 – Kit comercial de controles tipo arcade (joysticks, botões e placa controladora USB) utilizado como referência de comparação com os protótipos metarrecicladados.



Fonte: Elaboração do autor (2025), a partir de catálogo de comércio eletrônico.

Em consulta realizada em novembro de 2025, observou-se que kits comerciais de controles tipo arcade, contendo dois joysticks, conjunto de botões e placa controladora USB, são encontrados em sites de comércio eletrônico na faixa de aproximadamente R\$ 80,00 a R\$ 100,00 o conjunto. Esse valor serve apenas como referência de ordem de grandeza, uma vez que os protótipos metarrecicladados utilizam majoritariamente sucata eletrônica já disponível na instituição, sendo difícil atribuir-lhes um custo monetário direto.

Ao final da oficina, ocorrerá uma socialização dos protótipos, na qual cada grupo apresentará seu arcade, relatará o processo de mapeamento de teclas e discutirão as



possibilidades de uso pedagógico dos controles em aulas de programação, Física, Matemática ou Educação Ambiental. Nesse momento, propor-se-á também uma comparação crítica entre o controle metarreciclado e o kit comercial de arcade apresentado na Figura 1, solicitando aos participantes que registrem, em formulário anônimo, suas percepções sobre aspectos como custo, facilidade de montagem, robustez, possibilidades de manutenção e impacto ambiental. A aplicação desse instrumento, condicionada à autorização da instituição e sem qualquer identificação pessoal, tem por objetivo produzir insumos para futuras análises sobre a potência formativa da metarreciclagem na cultura maker. Essa etapa retoma a ideia de que aprender envolve não apenas construir, mas tornar público o que foi construído e refletir sobre diferentes soluções técnicas, abrindo espaço para crítica, avaliação e circulação de saberes (BLIKSTEIN, 2013; BLIKSTEIN; VALENTE; MOURA, 2020).

2.3 Viabilidade técnico-econômica e metodologia pedagógica

As duas oficinas foram concebidas para operar com custo financeiro reduzido, apoiando-se na disponibilidade de REEE na instituição e na região. Sales (2013) argumenta que o lixo tecnológico, quando tratado de forma crítica, pode se converter em importante recurso didático, tanto por reduzir a necessidade de aquisição de kits novos quanto por explicitar a lógica de obsolescência programada e de consumo acelerado de dispositivos.

No caso do Garimpo Tecnológico, planejada para ser desenvolvida no tempo máximo de 3h com oferta 12 vagas para participantes, terá sua principal despesa concentrada em insumos recorrentes (estanho, malha dessoldadora, pontas de ferro de solda, EPIs) e na manutenção de equipamentos já existentes no LITBA. Os componentes extraídos alimentam um estoque que poderá ser reutilizado em projetos de robótica, fontes chaveadas, fontes lineares, pequenas placas de interface e experimentos com Arduino, ampliando o alcance de futuras ações formativas.

Em relação a oficina Amazônia PlayLab, que também será realizada no período de 03h ofertando 12 vagas para participantes, trará o reaproveitamento de teclados USB como um possibilidade de substituição da compra de controladoras específicas para arcades, cujo valor costuma ser significativo para estudantes e escolas públicas. A estrutura modular em protoboard permite ajustes e recombinações constantes, incentivando que os participantes levem a ideia para seus próprios projetos e experimentem outras configurações de controle. Essa lógica de “fazer com o que se tem”, típica de ações de metarreciclagem e de cultura digital periférica, é destacada por Neto (2022) ao analisar processos educacionais em oficinas de metarreciclagem com jovens, nas quais a sucata se torna matéria-prima para protagonismo tecnológico e reflexão crítica.

Do ponto de vista pedagógico, ambas as oficinas se fundamentam em metodologias ativas e na cultura maker, nas quais os estudantes são desafiados a investigar, projetar e construir soluções para problemas reais (BLIKSTEIN, 2013; RAABE, 2018; PAULA, 2021).

A organização dos encontros contempla momentos de contextualização teórica, demonstrações breves, atividades práticas em grupo, registro dos processos e socialização dos resultados, em consonância com a perspectiva construcionista de “aprender fazendo em público” (PAPERT; HAREL, 1991).



John Percival Rodrigues Linhares;
Érica Nascimento de Castro; Davi de Siqueira Freitas

A experiência acumula e dialoga com o que foi relatado nos trabalhos “Arduino como pretexto no ensino de Física”, de Gonçalves, Gonçalves e Vasconcelos (2023), e “Sucatrônica: eletroeletrônica sustentável para os cursos técnicos em automação industrial e eletrotécnica”, de Santos, Arantes e Trajano (2023), que também descrevem oficinas como produtos educacionais legitimados em eventos acadêmicos.

A proposta aqui apresentada, ao transpor essas inspirações para o contexto amazônico do IFPA Campus Óbidos, procura fortalecer uma trilha formativa em que garimpo tecnológico e prototipagem lúdica sejam compreendidos como práticas de educação ambiental, tecnológica e empreendedora, articulando ensino, pesquisa e extensão na região do Baixo Amazonas.

3. CONCLUSÃO

A proposta integrada das oficinas Garimpo Tecnológico na Várzea e Amazônia PlayLab, a serem desenvolvidas no LITBA durante a 10ª Semana de Ciência, Tecnologia e Cultura do IFPA Campus Óbidos, busca articular metarreciclagem, cultura maker e Educação Profissional e Tecnológica em um mesmo percurso formativo. Ao tratar o lixo eletrônico como recurso didático e matéria-prima para a invenção, o trabalho dialoga com a concepção de metarreciclagem como prática que conjuga dimensão técnica, ambiental e social (SALES, 2013; SAVAZONI; COHN, 2009), contribuindo para problematizar o modelo de consumo e descarte de tecnologias digitais, especialmente em contextos periféricos e amazônicos.

Do ponto de vista pedagógico, as oficinas se apoiam em metodologias ativas e na perspectiva construcionista, valorizando o aprender fazendo em público, em que estudantes investigam, projetam e constroem artefatos significativos (PAPERT; HAREL, 1991; BLIKSTEIN, 2013). No Garimpo Tecnológico, a dessolda, o teste e a catalogação de componentes SMD/PTH aproximam os participantes do nível físico dos equipamentos, ampliando a compreensão sobre o ciclo de vida dos dispositivos e gerando um banco de componentes para futuros projetos. No Amazônia PlayLab, o reaproveitamento de teclados USB para prototipagem de arcades evidencia que interfaces lúdicas e acessíveis podem nascer de sucata digital, abrindo caminhos para usos pedagógicos em diferentes disciplinas e para iniciativas de empreendedorismo de baixo custo.

O artigo também se alinha a experiências prévias da Rede Federal que tomam oficinas e produtos educacionais como dispositivos de formação e investigação, como a sequência didática com Arduino no ensino de Física (GONÇALVES; GONÇALVES; VASCONCELOS, 2023) e a oficina “Sucatrônica: eletroeletrônica sustentável” voltada à recuperação de lâmpadas LED (SANTOS; ARANTES; TRAJANO, 2023). Ao trazer essas referências para o contexto do IFPA Campus Óbidos, a proposta reforça a ideia de que cursos técnicos, graduação e especialização podem compartilhar o mesmo espaço de criação – o LITBA – em uma dinâmica colaborativa em que docentes, discentes ministrantes e alunos voluntários constroem, em conjunto, percursos formativos comprometidos com a sustentabilidade e a inovação.

Como limitações, destaca-se que, neste momento, o trabalho se apresenta como proposta de oficina, ainda sem análise sistemática de dados empíricos sobre sua aplicação.



John Percival Rodrigues Linhares;
Érica Nascimento de Castro; Davi de Siqueira Freitas

Além disso, o tempo reduzido de cada minicurso (3 horas) impõe escolhas e recortes que não permitem explorar em profundidade todas as potencialidades da metarreciclagem e da prototipagem digital.

Como desdobramentos futuros, pretende-se realizar as oficinas com diferentes turmas e níveis de ensino, incorporando instrumentos de coleta de dados – questionários, diários de bordo, registros audiovisuais e portfólios – que possibilitem avaliar impactos na formação técnica, criativa e socioambiental dos participantes. Almeja-se, ainda, transformar o percurso aqui descrito em trilha formativa permanente do LITBA, articulada a projetos de pesquisa, ações de extensão e trabalhos de conclusão de curso, bem como expandir o repertório de sucata utilizada (impressoras, consoles, controles diversos), fortalecendo uma cultura de metarreciclagem e inovação de baixo impacto no Baixo Amazonas. Dessa forma, espera-se contribuir para que o IFPA Campus Óbidos se consolide como referência regional em práticas educativas que integram tecnologia, sustentabilidade e desenvolvimento local.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. C.; PRATES, K. V. M. C. Reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no cenário brasileiro: dificuldades e propostas. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 19, n. 4, 2023. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/3959. Acesso em: 12 nov. 2025.
- BLIKSTEIN, P. **Educação mão na massa**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013. Entrevista concedida ao site Porvir durante a Conferência FabLearn Brasil. Disponível em: <http://porvir.org/especiais/maonamassa/>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010.
- FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 73-82, 2011.
- GONÇALVES, C. É. L. de C.; GONÇALVES, M. L. de C. G.; VASCONCELOS, A. de S. Arduino como pretexto no ensino de Física. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO, EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PROJETOS**, 1., 2023, Engenheiro Paulo de Frontin. Anais... Engenheiro Paulo de Frontin: IFRJ – Campus Engenheiro Paulo de Frontin, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/i-seminario-internacional-de-educacao-empreendedorismo-e-gestao-de-projetos-306748/766234/>. Acesso em: 13 nov. 2025.
- GREEN ELETRON. **Pesquisa Resíduos Eletrônicos no Brasil 2021**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/pesquisa-residuos-eletronicos-no-brasil-2021/>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- GREEN ELETRON. **Lixo eletrônico: mundo bate recorde histórico de geração de resíduo**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/lixo-eletronico-mundo-bate-recorde-historico-de-geracao-de-residuo/>. Acesso em: 11 nov. 2025.



John Percival Rodrigues Linhares;
Érica Nascimento de Castro; Davi de Siqueira Freitas

INÁCIO, V. M. Sequências didáticas com Arduino: experimentação e ensino de Física na Educação Básica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO, EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PROJETOS, 2., 2025, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: IFRJ, 2025.

NETO, J. S. **Processos educacionais na metareciclagem: formação de arte educadores das Fábricas de Cultura 4.0 de São Paulo**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educomunicação) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/7706c90b-fdab-4d7e-bfaf-8aa7b7b7ef84/tc4869-Jose-Neto-Processos.pdf>. Acesso em: 29 out. 2025.

PAULA, B. B. de; MARTINS, C. B.; OLIVEIRA, T. de. Análise da crescente influência da Cultura Maker na Educação: revisão sistemática da literatura no Brasil. **Educitec – Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 7, p. e134921, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31417/educitec.v7.1349>. Acesso em: 13 nov. 2025.

PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980.

PAPERT, S.; HAREL, I. Situating constructionism. In: HAREL, I.; PAPERT, S. (ed.). **Constructionism**. Norwood: Ablex, 1991. p. 1–11.

RAABE, A.; GOMES, E. B. Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação. **Revista Tecnologias na Educação**, Fortaleza, v. 26, n. 26, p. 6–20, 2018. Disponível em: <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2018/09/Art1-vol.26-EdicaoTematicaVIII-Setembro2018.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2025.

SALES, K. O.; DIAS, F. K. D. O lixo tecnológico como ferramenta didático/pedagógica para o ensino fundamental. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 4, n. 8, p. 67–78, jul./dez. 2013.

SANTOS, E. da S.; ARANTES, M. C.; TRAJANO, S. Sucatrônica para os cursos técnicos em automação industrial e eletrotécnica: uma proposta de oficina para a sustentabilidade. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO, EMPREENDEDORISMO E GESTÃO DE PROJETOS**, 1., 2023, Engenheiro Paulo de Frontin. **Anais...** Engenheiro Paulo de Frontin: IFRJ – Campus Engenheiro Paulo de Frontin, 2023. ISBN 978-65-272-0454-1. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/i-seminario-internacional-de-educacao-empreendedorismo-e-gestao-de-projetos-306748/783642/>. Acesso em: 13 nov. 2025.

SAVAZONI, R.; COHN, S. (org.). **Cultura digital.br**. Rio de Janeiro: Beco do Azogue, 2009.

SILVA, V. A. da; VIEIRA, C. A. Lixo eletrônico: abordando a educação ambiental no ensino de Química. **Revista Brasileira de Educação e Cultura**, São Gotardo, v. 12, n. 1, p. 1-24, 2021.